

091673002

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION  
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

## VERSION CORRIGÉE

(19) Organisation Mondiale de la Propriété  
Intellectuelle  
Bureau international(43) Date de la publication internationale  
21 octobre 1999 (21.10.1999)

PCT

(10) Numéro de publication internationale  
**WO 99/53645 A1**(51) Classification internationale des brevets<sup>6</sup>: H04L 7/04,  
7/033(71) Déposant (*pour tous les États désignés sauf US*): NOR-  
TEL MATRA CELLULAR [FR/FR]; 1, place des Frères  
Montgolfier, F-78042 Guyancourt Cedex (FR).

(21) Numéro de la demande internationale:

PCT/FR99/00835

(72) Inventeurs; et

(22) Date de dépôt international: 9 avril 1999 (09.04.1999)

(75) Inventeurs/Déposants (*pour US seulement*): DORN-  
STETTER, Jean-Louis [FR/FR]; 25, place Suzanne  
Lenglen, F-78370 Plaisir (FR). BEN RACHED, Nidham  
[TN/FR]; 32, rue Baron, F-75017 Paris (FR).

(25) Langue de dépôt: français

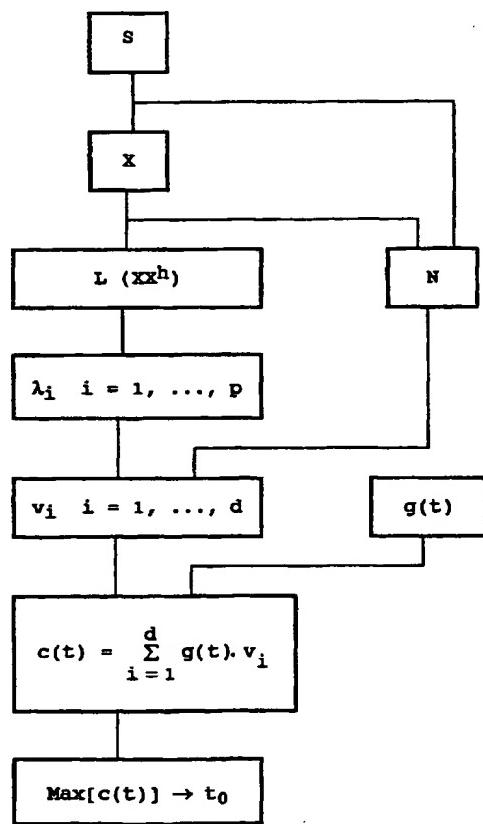
(74) Mandataire: RENAUD-GOUD, Thierry; Renaud-Goud  
Conseil, Le Tertia I, 5, rue Charles Duchesne, F-13851  
Aix-en-Provence Cedex 3 (FR).

(26) Langue de publication: français

(81) États désignés (*national*): CA, CN, US.(30) Données relatives à la priorité:  
98/04782 10 avril 1998 (10.04.1998) FR*[Suite sur la page suivante]*

(54) Title: METHOD FOR FINE SYNCHRONISATION ON A SIGNAL RECEIVED FROM A TRANSMISSION CHANNEL

(54) Titre: PROCEDE DE SYNCHRONISATION FINE SUR UN SIGNAL RECU D'UN CANAL DE TRANSMISSION



(57) Abstract: The invention concerns a method for fine synchronisation on a reception signal (S) corresponding to a reference signal (TS) transmitted in a transmission channel, comprising the following steps: selecting a signal source producing a characterisation signal (X) following its passage in the transmission channel; establishing a characterisation matrix (L) to estimate the characterisation signal (X) covariance; identifying characteristic modal values which are the highest characteristic values ( $\lambda_i$ ) of said characterisation matrix (L); computing the source signal correlation function  $c(t)$  with the sum of characteristic vectors ( $v_i$ ) associated with the characteristic modal values; searching said correlation function  $c(t)$  first maximum.

(57) Abrégé: L'invention concerne un procédé de synchronisation fine sur un signal de réception (S) correspondant à un signal de référence (TS) émis dans un canal de transmission. Il comprend les étapes suivantes: sélection d'un signal source produisant un signal de caractérisation (X) suite à son passage dans le canal de transmission, établissement d'une matrice de caractérisation (L) pour estimer la covariance du signal de caractérisation (X), identification des valeurs propres dominantes qui sont les valeurs propres ( $\lambda_i$ ) les plus élevées de cette matrice de caractérisation (L), calcul de la fonction de corrélation  $c(t)$  du signal source avec la somme des vecteurs propres ( $v_i$ ) associés aux valeurs propres dominantes, recherche du premier maximum de cette fonction de corrélation  $c(t)$ .

WO 99/53645 A1



(84) **États désignés (regional):** brevet européen (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).

(15) **Renseignements relatifs à la correction:**  
voir la Gazette du PCT n° 10/2001 du 8 mars 2001, Section II

**Publiée:**

— *Avec rapport de recherche internationale.*

(48) **Date de publication de la présente version corrigée:**

8 mars 2001

*En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.*



## DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIEE EN VERTU DU TRAITE DE COOPERATION EN MATIERE DE BREVETS (PCT)

(51) Classification internationale des brevets <sup>6</sup> :  H04L 7/04, 7/033		A1	(11) Numéro de publication internationale: WO 99/53645  (43) Date de publication internationale: 21 octobre 1999 (21.10.99)
(21) Numéro de la demande internationale: PCT/FR99/00835  (22) Date de dépôt international: 9 avril 1999 (09.04.99)		(81) Etats désignés: CA, CN, US, brevet européen (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).	
(30) Données relatives à la priorité: 98/04782 10 avril 1998 (10.04.98) US		<b>Publiée</b> <i>Avec rapport de recherche internationale.</i>	
(71) Déposant ( <i>pour tous les Etats désignés sauf US</i> ): NORTEL MATRA CELLULAR [FR/FR]; 1, place des Frères Montgolfier, F-78042 Guyancourt Cedex (FR).			
(72) Inventeurs; et (75) Inventeurs/Déposants ( <i>US seulement</i> ): DORNSTETTER, Jean-Louis [FR/FR]; 25, place Suzanne Lenglen, F-78370 Plaisir (FR). BEN RACHED, Nidham [TN/FR]; 32, rue Baron, F-75017 Paris (FR).			
(74) Mandataire: RENAUD-GOUD, Thierry; Renaud-Goud Conseil, Le Tertia I, 5, rue Charles Duchesne, F-13851 Aix-en-Provence Cedex 3 (FR).			

(54) Title: METHOD FOR FINE SYNCHRONISATION ON A SIGNAL RECEIVED FROM A TRANSMISSION CHANNEL

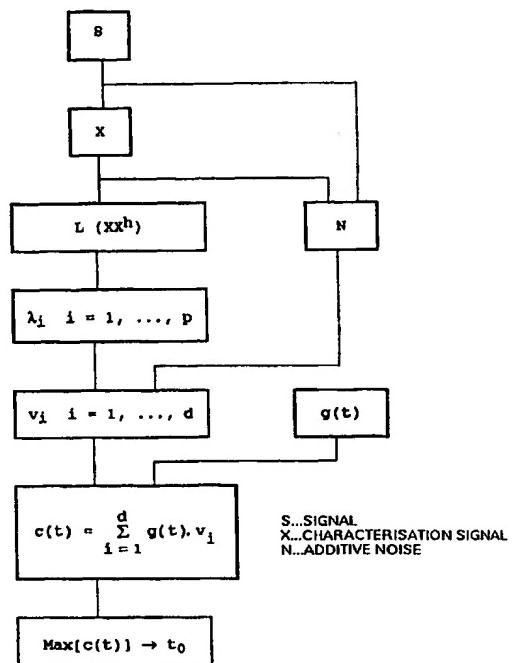
(54) Titre: PROCEDE DE SYNCHRONISATION FINE SUR UN SIGNAL REÇU D'UN CANAL DE TRANSMISSION

## (57) Abstract

The invention concerns a method for fine synchronisation on a reception signal (S) corresponding to a reference signal (TS) transmitted in a transmission channel, comprising the following steps: selecting a signal source producing a characterisation signal (X) following its passage in the transmission channel; establishing a characterisation matrix (L) to estimate the characterisation signal (X) covariance; identifying characteristic modal values which are the highest characteristic values ( $\lambda_i$ ) of said characterisation matrix (L); computing the source signal correlation function  $c(t)$  with the sum of characteristic vectors ( $v_i$ ) associated with the characteristic modal values; searching said correlation function  $c(t)$  first maximum.

## (57) Abrégé

L'invention concerne un procédé de synchronisation fine sur un signal de réception (S) correspondant à un signal de référence (TS) émis dans un canal de transmission. Il comprend les étapes suivantes: sélection d'un signal source produisant un signal de caractérisation (X) suite à son passage dans le canal de transmission, établissement d'une matrice de caractérisation (L) pour estimer la covariance du signal de caractérisation (X), identification des valeurs propres dominantes qui sont les valeurs propres ( $\lambda_i$ ) les plus élevées de cette matrice de caractérisation (L), calcul de la fonction de corrélation  $c(t)$  du signal source avec la somme des vecteurs propres ( $v_i$ ) associés aux valeurs propres dominantes, recherche du premier maximum de cette fonction de corrélation  $c(t)$ .



***UNIQUEMENT A TITRE D'INFORMATION***

Codes utilisés pour identifier les Etats parties au PCT, sur les pages de couverture des brochures publient des demandes internationales en vertu du PCT.

AL	Albanie	ES	Espagne	LS	Lesotho	SI	Slovénie
AM	Arménie	FI	Finlande	LT	Lituanie	SK	Slovaquie
AT	Autriche	FR	France	LU	Luxembourg	SN	Sénégal
AU	Australie	GA	Gabon	LV	Lettonie	SZ	Swaziland
AZ	Azerbaïdjan	GB	Royaume-Uni	MC	Monaco	TD	Tchad
BA	Bosnie-Herzégovine	GE	Géorgie	MD	République de Moldova	TG	Togo
BB	Barbade	GH	Ghana	MG	Madagascar	TJ	Tadjikistan
BE	Belgique	GN	Guinée	MK	Ex-République yougoslave de Macédoine	TM	Turkménistan
BF	Burkina Faso	GR	Grèce	ML	Mali	TR	Turquie
BG	Bulgarie	HU	Hongrie	MN	Mongolie	TT	Trinité-et-Tobago
BJ	Bénin	IE	Irlande	MR	Mauritanie	UA	Ukraine
BR	Brésil	IL	Israël	MW	Malawi	UG	Ouganda
BY	Bélarus	IS	Islande	MX	Mexique	US	Etats-Unis d'Amérique
CA	Canada	IT	Italie	NE	Niger	UZ	Ouzbékistan
CF	République centrafricaine	JP	Japon	NL	Pays-Bas	VN	Viet Nam
CG	Congo	KE	Kenya	NO	Norvège	YU	Yougoslavie
CH	Suisse	KG	Kirghizistan	NZ	Nouvelle-Zélande	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	République populaire démocratique de Corée	PL	Pologne		
CM	Cameroun	KR	République de Corée	PT	Portugal		
CN	Chine	KZ	Kazakhstan	RO	Roumanie		
CU	Cuba	LC	Sainte-Lucie	RU	Fédération de Russie		
CZ	République tchèque	LI	Liechtenstein	SD	Soudan		
DE	Allemagne	LK	Sri Lanka	SE	Suède		
DK	Danemark	LR	Libéria	SG	Singapour		
EE	Estonie						

Procédé de synchronisation fine sur un signal reçu  
d'un canal de transmission

La présente invention concerne un procédé de synchronisation fine sur un signal de réception correspondant à un signal de référence émis dans un canal de transmission.

Dans un système de transmission, notamment par ondes radios, un émetteur émet un signal de référence dans un canal de transmission à destination d'un récepteur. Une des 10 premières opérations que doit réaliser le récepteur est la synchronisation sur le signal de réception. Ce problème est bien connu de l'homme du métier et il n'est donc pas nécessaire de rappeler ici les différentes techniques qui sont employées pour obtenir cette synchronisation.

15 Lorsque les signaux sont numériques, on a coutume d'évaluer l'écart de synchronisation au moyen d'une unité de temps, le temps bit, qui est l'écart temporel séparant deux bits successifs d'un signal. Or, il apparaît que les solutions disponibles dans l'état de l'art ne permettent pas 20 d'acquérir une synchronisation beaucoup plus précise que le temps bit.

Cette précision peut s'avérer insuffisante dans certains cas. En effet, c'est la synchronisation qui donne le temps de trajet du signal dans le canal de transmission 25 ou, autrement dit, le temps de transmission entre l'émetteur et le récepteur. Cette donnée est importante car, dans un système de radiocommunication duplex où une station de base est en communication avec un terminal, chaque équipement étant pourvu d'un émetteur-récepteur, le terminal doit 30 fonctionner de sorte que le signal qu'il émet arrive à un instant précis en référence à la base de temps de la station de base. Pour ce faire, il faut naturellement que le terminal connaisse le temps que met ce signal pour parvenir à la station de base.

35 D'autre part, ce temps de transmission reflète directement la distance séparant l'émetteur du récepteur. On

comprend bien que la précision de cette distance est fondamentale lorsqu'il s'agit de procéder à la localisation du terminal en repérant sa position relative par rapport à une ou plusieurs stations de base. Le problème général de la 5 localisation d'un terminal est une préoccupation très actuelle du fait de ses applications au nombre desquelles on citera, par exemple, les stratégies de changements de cellules ("handover") dans les réseaux cellulaires. On mentionnera également le domaine de la sécurité, qu'il 10 faille situer géographiquement la provenance d'un appel d'urgence ou bien la position d'un véhicule volé équipé du terminal.

La présente invention a ainsi pour objet un procédé de synchronisation dont la précision est bien supérieure au 15 temps bit.

Selon l'invention, le procédé de synchronisation fine sur un signal de réception correspondant à un signal de référence émis dans un canal de transmission comprend les étapes suivantes :

- 20        - sélection d'un signal source produisant un signal de caractérisation suite à son passage dans le canal de transmission,
- établissement d'une matrice de caractérisation pour estimer la covariance du signal de caractérisation,
- 25        - identification des valeurs propres dominantes qui sont les valeurs propres les plus élevées de cette matrice de caractérisation,
- calcul de la fonction de corrélation du signal source avec la somme des vecteurs propres associés aux 30 valeurs propres dominantes,
- recherche du premier maximum de cette fonction de corrélation.

Lorsque l'incrément de temps adopté pour le calcul de la fonction de corrélation est choisi suffisamment petit, en 35 tout cas bien inférieur à un temps bit, ce procédé permet d'obtenir une très bonne précision.

Selon une première option, le nombre de ces valeurs propres dominantes est prédéterminé. Typiquement, ce nombre représente de l'ordre de 20 à 30 % de la dimension de la matrice de caractérisation.

5 Selon une deuxième option, le rapport de la somme des valeurs propres dominantes à la somme de toutes les valeurs propres est supérieur ou égal à un nombre prédéterminé. Ici, le nombre retenu sera souvent supérieur à 90 %, 95 % par exemple.

10 Selon une troisième option, le procédé comprenant de plus une étape d'estimation du bruit additif dans le canal de transmission, les valeurs propres dominantes sont telles que leur somme soit inférieure ou égale à la somme de toutes les valeurs propres diminuée du bruit additif.

15 De plus, l'estimation du bruit additif est réalisée en normalisant le bruit instantané qui est évalué au moyen du signal de réception, du signal de référence et d'une estimation de la réponse impulsionale du canal de transmission.

20 Avantageusement, en notant A la matrice de transmission associée au signal de référence, l'expression du bruit instantané est la suivante :  $N_0 = S - A.X$ .

Par ailleurs, quelle que soit l'option éventuellement retenue, la matrice de caractérisation résulte d'une 25 opération de lissage.

Selon un mode de réalisation préférentiel, le signal de caractérisation est une estimation de la réponse impulsionale du canal de transmission.

On peut également prévoir que le signal de 30 caractérisation soit le signal de réception.

La présente invention apparaîtra maintenant de manière plus détaillée dans le cadre de la description qui suit où sont proposés des exemples de mise en oeuvre à titre illustratif, ceci en référence aux figures annexées qui 35 représentent :

- la figure 1, une première variante de réalisation de l'invention, et
- la figure 2, une deuxième variante.

Les éléments communs aux deux figures sont affectées 5 d'une seule et même référence.

Le récepteur a déjà acquis une synchronisation grossière sur le signal de réception, de l'ordre du temps bit, au moyen de l'une quelconque des solutions disponibles.

Ce signal de réception correspond à un signal de 10 référence produit par l'émetteur et connu du récepteur. Ce signal de référence peut être connu à priori, c'est-à-dire qu'il s'agit d'une séquence d'apprentissage formée de symboles identifiés. Il peut également être connu à posteriori au moyen de techniques génériquement référencées 15 sous le terme de sondage aveugle. Dans ce cas, au cours de la procédure de synchronisation, le récepteur régénère la suite des symboles formant le signal de référence à partir du signal de réception.

Il convient en premier lieu de caractériser la 20 transmission entre l'émetteur et le récepteur. A cet effet, on sélectionne un signal source qui, produit par l'émetteur, donne au niveau du récepteur, après transmission dans le canal, un signal de caractérisation.

Naturellement, si le signal source est le signal de 25 référence, ce signal de caractérisation est le signal de réception lui-même. Ce n'est pas cependant pas toujours la solution optimale quant à la complexité et aux performances du procédé de l'invention.

Une autre solution consiste à retenir une impulsion 30 modulée comme signal source, le signal de caractérisation devenant alors la réponse impulsionale du canal de transmission.

A titre d'exemple, le système de radiocommunication cellulaire numérique GSM fait appel à une séquence 35 d'apprentissage de 26 symboles, la réponse impulsionale

étant généralement estimée avec 5 coefficients puisqu'on admet que la dispersion du canal vaut 4.

Dans ce cas, le signal de réception a une dimension maximale de 22 qui est sensiblement plus importante que celle de la réponse impulsionale.

On examinera donc successivement deux variantes de mise en oeuvre de l'invention en commençant par le cas où le signal source est une impulsion modulée en référence à la figure 1.

L'estimation de la réponse impulsionale ne pose pas de difficultés en soi car de nombreuses méthodes permettent d'y parvenir, par exemple la méthode dite du critère des moindres carrés qui est décrite notamment dans les demandes de brevet FR 2696604 et EP 0564849. En matière de rappel, cette technique fait appel à une matrice de mesure A construite à partir de la séquence d'apprentissage TS de longueur n. Cette matrice comprend (n-d) lignes et (d+1) colonnes, d représentant la dispersion du canal. L'élément figurant à la ième ligne et à la jème colonne est le (d+i-j)ième symbole de la séquence d'apprentissage, soit en notant  $a_i$  le ième symbole d'une séquence TS de 26 symboles :

$$A = \begin{pmatrix} a_4 & a_3 & a_2 & a_1 & a_0 \\ a_5 & a_4 & a_3 & a_2 & a_1 \\ a_6 & a_5 & a_4 & a_3 & a_2 \\ a_7 & \dots & & & \\ \dots & & & & \\ \dots & & & & \\ a_{25} & \dots & & & a_{21} \end{pmatrix}$$

La séquence d'apprentissage est choisie telle que la matrice  $A^t A$  soit inversible où l'opérateur  $.^t$  représente la transposition.

Dans le signal de réception S, on ne prend pas en compte les quatre premiers symboles  $s_0$  à  $s_3$  car ceux-ci dépendent également de symbole inconnus émis avant la séquence d'apprentissage, étant donné que la dispersion du

canal vaut 4. Par un abus de langage on définira donc dorénavant le signal de réception comme un vecteur  $S$  ayant pour composantes les symboles reçus,  $s_4, s_5, s_6, \dots, s_{25}$ .

Dès lors, l'estimation de la réponse impulsionale  $X$  prend la forme suivante :

$$X = (A^t A)^{-1} A^t \cdot S$$

L'étape suivante du procédé de l'invention consiste à établir une statistique de cette réponse impulsionale. Par statistique, on entend un ensemble de données reflétant la valeur moyenne de cette réponse sur une période d'analyse.

On construit donc une matrice de lissage des différentes estimations  $X$  obtenues pendant la période d'analyse pour obtenir une estimation de la covariance associée à cette réponse impulsionale. On entend ici lissage dans un sens très général, c'est-à-dire toute opération permettant de lisser ou de moyenner la réponse impulsionale sur la période d'analyse.

Un premier exemple de lissage consiste à effectuer la moyenne de la matrice  $XX^h$  sur la période d'analyse supposée comprendre  $m$  séquences d'apprentissage :

$$L(XX^h) = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m XX^h$$

L'opérateur  $.h$  représente la transformation hermitienne ou transposition conjugaison complexe.

Un second exemple de lissage consiste à actualiser, après réception de la  $i$ ème séquence d'apprentissage, la matrice de lissage  $L_{i-1}(XX^h)$  obtenue à la  $(i-1)$ ème séquence d'apprentissage au moyen d'un coefficient multiplicatif  $\alpha$ , ce facteur étant généralement connu sous le nom de facteur d'oubli de lissage et étant compris entre 0 et 1 :

$$L_i(XX^h) = \alpha X_i X_i^h + (1-\alpha)L_{i-1}(XX^h)$$

L'initialisation peut se faire par tous moyens, notamment au moyen de la première estimation  $X$  obtenue ou bien par une moyenne obtenue comme ci-dessus pour un faible nombre de séquences d'apprentissage.

Dans un souci de simplification, la matrice de lissage  $L(XX^h)$  qui est en fait une matrice de caractérisation statistique, sera désormais notée L.

Le procédé comprend ensuite une étape de recherche des 5 couples (valeur propre, vecteur propre) de la matrice de caractérisation.

Cette étape ne sera pas plus détaillée car bien connue de l'homme de métier.

Les valeurs propres  $\lambda_i$  sont maintenant classées, par 10 ordre décroissant. En effet, la somme de ces valeurs correspond à l'énergie du signal de caractérisation X composée pour partie d'un signal utile qui est l'image du signal source et pour partie du bruit additif N du canal de transmission.

15 Il vient que les valeurs propres dominantes, celles qui sont le plus élevées, représentent le signal utile, tandis que les valeurs propres les plus faibles représentent le bruit.

Selon une première option, le procédé consiste à 20 retenir un nombre prédéterminé de valeurs propres dominantes. Par exemple, pour une réponse impulsionale à 5 coefficients, on retient les deux premières valeurs propres  $\lambda_1$  et  $\lambda_2$ .

Selon une deuxième option, on considère que le signal 25 utile présente une énergie qui est une fraction prédéterminée f de l'énergie du signal de caractérisation. Ainsi en notant  $\lambda_i$  les valeurs propres pour i variant de 1 à p, il y aura d valeurs propres dominantes, d étant obtenu comme suit :

30

$$\frac{\sum_{i=1}^d \lambda_i}{\sum_{i=1}^p \lambda_i} \leq f \quad \text{et} \quad \frac{\sum_{i=1}^{d+1} \lambda_i}{\sum_{i=1}^p \lambda_i} > f$$

La fraction f peut être fixée a priori, à une valeur de 95 % par exemple. Cette fraction peut également dériver

du rapport signal à bruit du signal de réception obtenu par ailleurs.

Selon une troisième option du procédé, sans doute la plus performante, le bruit additif  $N$  est estimé directement 5 à partir du signal de réception et de la matrice de mesure  $A$ . En effet, en notant  $N_0$  le vecteur bruit affectant le signal de réception, il vient que :

$$S = AX + N_0$$

Compte tenu du fait que les vecteurs  $S$  et  $N_0$  ont 22 10 composantes, le bruit additif  $N$  peut s'exprimer de la manière suivante :

$$N = \left(\frac{1}{22}\right) (S - AX)^h (S - AX)$$

Naturellement, cette estimation du bruit additif peut être moyennée en lissée.

15 En reprenant les notations précédentes et en normalisant les énergies, il vient que :

$$\sum_{i=d}^p \lambda_i \geq N \quad \text{et} \quad \sum_{i=d+1}^p \lambda_i < N$$

On obtient donc les valeurs propres dominantes à 20 partir d'une estimation directe du bruit.

Quelle que soit l'option précédemment retenue, l'étape suivante du procédé consiste à calculer la fonction de corrélation du signal source avec la somme des vecteurs propres  $v_i$  associés aux valeurs propres dominantes  $\lambda_i$ .

25 Le signal source est suréchantilloné par rapport au temps bit et on le notera donc  $g(t)$  où  $t$  qui représente le temps est une variable discrète dont le pas de quantification vaut, à titre d'exemple, 1/32 temps bit. Il est représenté par un vecteur de même dimension que le 30 signal de caractérisation, soit 5 dans l'exemple adopté. La fonction de corrélation  $c(t)$  est calculée par exemple pour  $t$  variant de -1 à +1 temps bit au moyen de l'expression suivante :

$$c(t) = \sum_{i=1}^d g(t) \cdot v_i$$

Le point figurant entre le signal source  $g(t)$  et le vecteur propre  $v_i$  représente classiquement le produit scalaire.

5 La dernière étape du procédé consiste à rechercher la valeur  $t_0$  de  $t$  la plus proche de zéro qui correspond au premier maximum relatif de la fonction corrélation  $c(t)$ . C'est cette valeur particulière  $t_0$  qui donne l'écart de synchronisation recherchée par rapport au signal de  
10 réception.

Par ailleurs, on peut considérer la fonction complémentaire  $c'(t)$  suivante :

$$c'(t) = \sum_{i=d+1}^p g(t) \cdot v_i$$

Il faut remarquer que la valeur particulière  $t_0$   
15 mentionnée ci-dessus peut également être obtenue en recherchant la valeur de  $t$  la plus proche de zéro qui correspond au premier minimum relatif de la formation complémentaire  $c'(t)$ .

Ces deux méthodes pour obtenir l'écart de  
20 synchronisation  $t_0$  sont donc équivalentes.

En référence à la figure 2, considérons maintenant une deuxième variante de l'invention selon laquelle le signal de caractérisation est le signal de réception  $S$ , si bien que le signal source est maintenant le signal de référence, soit  
25 dans le cas du GSM, la séquence d'apprentissage TS modulée GMSK (pour "Gaussian Minimum Shift Keying").

La statistique du signal de caractérisation est donc estimée au moyen d'une matrice de caractérisation qui est maintenant obtenue par lissage des différentes occurrences  
30 du signal de réception  $S$ . Ici encore, on considère le terme lissage dans un sens très général.

La matrice de caractérisation  $L$  prend donc la forme suivante :

$$L(ss^h) = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m ss^h \quad \text{ou bien,}$$

$$L_i(ss^h) = \alpha s_i s_i^h + (1-\alpha)L_{i-1}(ss^h)$$

On recherche ensuite les p' valeurs propres  $\lambda'_i$  de cette matrice et, comme dans la première variante, on 5 identifie les d' valeurs propres dominantes.

On calcule maintenant la fonction de corrélation  $f(t)$  de la séquence d'apprentissage modulée et de la somme des vecteurs propres  $v'_i$  associés aux valeurs propres dominantes  $\lambda'_i$ .

10 Là encore, la séquence d'apprentissage  $g'(t)$  est suréchantillonnée et elle est représentée par un vecteur de 22 composantes. La fonction de corrélation devient donc :

$$f(t) = \sum_{i=1}^{d'} g'(t). v'_i$$

15 Comme auparavant, on peut définir une nouvelle fonction complémentaire  $f'(t)$  :

$$f'(t) = \sum_{i=d'+1}^{p'} g'(t). v'_i$$

Le procédé se termine de la même manière en 20 recherchant le premier maximum de la fonction de corrélation  $f(t)$  ou le premier minimum de la fonction complémentaire  $f'(t)$ .

L'invention peut ainsi être mise en oeuvre de différentes manières, le point essentiel étant de disposer 25 d'un signal source et du résultat de sa transmission, à savoir du signal de caractérisation.

REVENDICATIONS

- 1) Procédé de synchronisation fine sur un signal de réception (S) correspondant à un signal de référence (TS) émis dans un canal de transmission, caractérisé en ce qu'il comprend les 5 étapes suivantes :
- sélection d'un signal source produisant un signal de caractérisation (X, S) suite à son passage dans ledit canal de transmission,
  - établissement d'une matrice de caractérisation (L) pour 10 estimer la covariance dudit signal de caractérisation (X, S),
  - identification des valeurs propres dominantes qui sont les valeurs propres ( $\lambda_i$ ,  $\lambda'_i$ ) les plus élevées de cette matrice de caractérisation (L),
  - 15 - calcul de la fonction de corrélation (c(t), f(t)) dudit signal source avec la somme des vecteurs propres (v<sub>i</sub>, v'<sub>i</sub>) associés auxdites valeurs propres dominantes,
  - recherche du premier maximum de cette fonction de corrélation (c(t), f(t)).
- 20 2) Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que le nombre (d, d') desdites valeurs propres dominantes ( $\lambda_i$ ,  $\lambda'_i$ ) est prédéterminé.
- 3) Procédé selon la revendication 1 caractérisé en ce que le rapport de la somme desdites valeurs propres dominantes à la 25 somme de toutes les valeurs propres est supérieur ou égal à un nombre prédéterminé.
- 4) Procédé selon la revendication 1 caractérisé en ce que, comprenant de plus une étape d'estimation du bruit additif (N) dans le canal de transmission, lesdites valeurs propres 30 dominantes sont telles que leur somme soit inférieure ou égale à la somme de toutes les valeurs propres diminuée dudit bruit additif (N).
- 5) Procédé selon la revendication 4, caractérisé en ce que l'estimation du bruit additif (N) est réalisée en 35 normalisant le bruit instantané ( $N_0$ ) qui est évalué au moyen dudit signal de réception (S), dudit signal de référence

(TS) et d'une estimation de la réponse impulsionnelle (X) du canal de transmission.

6) Procédé selon la revendication 5 caractérisé en ce que, en notant A la matrice de transmission associée audit signal de référence (TS), l'expression du bruit instantané ( $N_0$ ) est la suivante :  $N_0 = S - A.X$ .

7) Procédé selon la revendication 6, caractérisé en ce que ledit bruit additif (N) est de plus moyenné.

8) Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que ladite matrice de caractérisation (L) résulte d'une opération de lissage.

9) Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes caractérisé en ce que ledit signal de caractérisation est une estimation de la réponse impulsionnelle (X) du canal de transmission.

10) Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que ledit signal de caractérisation est ledit signal de réception (S).

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

In International Application No

PCT/FR 99/00835

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 6 H04L7/04 H04L7/033

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 6 H04L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 0 802 656 A (WAVECOM) 22 October 1997 (1997-10-22) abstract page 2, line 14 - line 25 page 3, line 2 - line 8 page 9, line 42 - page 11, line 54 ---	1-10
A	US 5 001 747 A (SEXTON THOMAS A) 19 March 1991 (1991-03-19) abstract claim 1 ---	1-10
A	FR 2 696 604 A (ALCATEL RADIOTELEPHONE) 8 April 1994 (1994-04-08) cited in the application abstract page 4, line 24 - page 8, line 3 -----	1-10



Further documents are listed in the continuation of box C.



Patent family members are listed in annex.

### \* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

26 July 1999

Date of mailing of the international search report

02/08/1999

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Chauvet, C

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/FR 99/00835

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)		Publication date
EP 0802656 A	22-10-1997	FR CN	2747870 A 1173088 A	24-10-1997 11-02-1998
US 5001747 A	19-03-1991	NONE		
FR 2696604 A	08-04-1994	CA EP FI JP US	2107816 A 0592294 A 934359 A 6224791 A 5479446 A	08-04-1994 13-04-1994 08-04-1994 12-08-1994 26-12-1995

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande Internationale No

PCT/FR 99/00835

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE  
CIB 6 H04L7/04 H04L7/033

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

CIB 6 H04L

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie °	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	EP 0 802 656 A (WAVECOM) 22 octobre 1997 (1997-10-22) abrégé page 2, ligne 14 - ligne 25 page 3, ligne 2 - ligne 8 page 9, ligne 42 - page 11, ligne 54 ---	1-10
A	US 5 001 747 A (SEXTON THOMAS A) 19 mars 1991 (1991-03-19) abrégé revendication 1 ---	1-10
A	FR 2 696 604 A (ALCATEL RADIOTELEPHONE). 8 avril 1994 (1994-04-08) cité dans la demande abrégé page 4, ligne 24 - page 8, ligne 3 -----	1-10



Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents



Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

° Catégories spéciales de documents cités:

- "A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

"X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

"Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

"&" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

26 juillet 1999

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

02/08/1999

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale

Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Chauvet, C

**RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE**

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande Internationale No

PCT/FR 99/00835

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)			Date de publication
EP 0802656	A 22-10-1997	FR CN	2747870 A 1173088 A		24-10-1997 11-02-1998
US 5001747	A 19-03-1991		AUCUN		
FR 2696604	A 08-04-1994	CA EP FI JP US	2107816 A 0592294 A 934359 A 6224791 A 5479446 A		08-04-1994 13-04-1994 08-04-1994 12-08-1994 26-12-1995